Sonder-Abdruck aus:
Anatomischer Anzeiger.
Centralblatt für die gesamte wissenschaftliche Anatomie.
Herusgeg. von Prof. K. Bardeleben in Jena. — Verlag von Gustav Fischer in Jena.
II. Jahrgang (1887), Nr. 15.

Über Knochenmaceration

nach eigenen Erfahrungen.

Von Dr. L. Teichmann, Professor in Krakau.

(Schluß.)

An den in Prosektorien zum Unterricht verwendeten Leichen, die man nachträglich zu Skeletten benützt, läßt sich die Verseifungszeit nicht genau bestimmen, da die Zeitdauer ihres Verweilens auf dem Seziertische sehr verschieden ist, und sie auch zu verschiedenartiger Temperatur ausgesetzt sind. Will man sich in dieser Hinsicht vergewissern, ob die Verseifungszeit eingetreten ist, so möge man mit einigen Tropfen des auf dem Macerierwasser schwimmenden Fettes durch Zusatz von Wasser und Soda und nachheriges Erwärmen im Reagenzgläschen eine Probe machen. Wenn das Fett hier verseift, so soll man zur Verseifung des Knochenfettes schreiten, wenn nicht, so soll man die Knochen noch weiter macerieren lassen. Ganz zuverlässig ist indessen diese Probe nicht, indem die Erfahrung mich gelehrt hat, daß das Fett in den Knochen nicht überall gleichzeitig verseift. Durchschnittlich dürfte, wie angegeben wurde, der sechste

---

1) Letzerich, Arch. f. pathol. Anat. 1866, Bd. 37, p. 232.
2) Watney, Philosophic. Transactions, 1876, Vol. 166, p. 451.

oder siebente Tag der Maceration zur Verseifung des Fettes am geeignetsten sein.

Am sechsten Tage der Maceration entferne man die Knochen vom Ofen und gieße das Macerationswasser samt den frei schwimmenden Weichteilen weg. Um die an den Knochen festsitzenden Weichteile braucht man sich vorläufig gar nicht zu kümmern. Gleich darauf übertrage man die Knochen in eine bereit stehende heiße Auflösung von Soda und lasse sie einige Minuten langsam kochen. Für die kleinen Hand- oder Fußknochen ist das ausreichend, die großen Knochen des Skelettes dagegen sollen noch eine Zeitlang in einer Temperatur von circa 60° R stehen, damit das im Innern eingeschlossene Fett verseift. Aus demselben Grunde muß man während der Verseifung die Knochen fortwährend umrühren, herausnehmen, abtropfen lassen, wieder in die Sodalauge hineinthun und nicht auf der Oberfläche umherschwimmen lassen. Durch diese einfache Manipulation wird das Fett in Seife verwandelt. Anstatt Soda kann man auch Pottasche zur Verseifung anwenden, wobei ich keinen nennenswerten Unterschied gefunden habe.

Hinsichtlich des Abkochens der Knochen in Sodalauge muß ich noch hinzufügen, daß dasselbe vielfache Vorteile bietet. Erstlich erfolgt dadurch eine Unterbrechung der Maceration, sodann wird dadurch die rasche Verseifung des Fettes, sowie die Umwandlung der hängen gebliebenen Sehnen und Bänder in Leim bewirkt, auch geht die ganze Arbeit rasch vor sich. Ich lasse deshalb die Knochen mit der Sodalauge einige Minuten langsam kochen. Dasselbe darf jedoch nur kurze Zeit dauern, da durch längeres Kochen, namentlich in konzentrierter Sodalauge, die Knochen angegriffen werden. Solche Knochen bekommen eine matte Oberfläche und sehen stellenweise unnatürlich weiß aus, dabei sind namentlich die porösen Knochen so leicht brüchig, daß sie bei dem leisesten Drucke zerfallen. — Daß man bei der Reinigung der Knochen von jungen Individuen das Kochen vermeiden muß, versteht sich von selbst. Auch beim Kochen der Schädel soll man aus Rücksicht auf die zarten Knochen der Nasenhöhle vorsichtiger sein, obwohl auch hier das Kochen einige Minuten hindurch bei angemessener Konzentration der Sodalauge keinen Nachteil hervorruft. Übrigens ist das Kochen der Knochen mit Soda für die Verseifung des Fettes nicht unbedingt notwendig, man braucht nur die Knochen längere Zeit in einer Temperatur von circa 30–40° R stehen zu lassen. Selbst bei gewöhnlicher Zimmertemperatur kann die Verseifung erfolgen, nur muß man in diesem Falle die Knochen noch länger in Sodalauge stehen lassen. In allen Fällen muß man die Knochen von Zeit zu Zeit um-

rühren und abtropfen lassen, damit die Sodalauge in alle Kanäle und Poren eindringt.

Welches Quantum Soda soll man für die Verseifung des Knochenfettes, sei es eines ganzen Skelettes oder dessen einzelner Teile verwenden? Diese Frage, welche wiederholt an mich gestellt wurde, kann, nach meinem Dafürhalten, nicht beantwortet werden. Ein Skelett ist klein, das andere groß, das eine enthält weniger Fett, das andere mehr, an dem einen ist bei der Entfernung der Weichteile mehr, an dem andern weniger Fett hängen geblieben, bei der Maceration des einen Skelettes fließt manchmal sehr viel Fett aus, bei dem andern weniger u. s. w. Diese, sowie viele andere Umstände verursachen, daß am Schlusse der Maceration die Quantität des Fettes stets unbestimmt ist, folglich kann auch die zur Verseifung des Fettes nötige Quantität der Soda nicht im voraus bestimmt werden. Ich trachte immer, die Quantität der Soda im Überschuß zu nehmen, richte mich aber mit der Konzentration der Lösung, sowie mit der Höhe und Dauer der Temperatur danach ein, ob ich die Verseifung schnell oder langsam zu erzielen beabsichtige. Ich gebrauche zur Verseifung des Fettes eine Sodalauge von durchschnittlich 1 Gewichtsteil Soda auf 10 Gewichtsteile Wasser. Eigene Erfahrung gilt hier als der beste Maßstab. Die Kosten kommen bei der Wohlfeilheit der Soda gar nicht in Betracht.

Ad 4. Wenn das Fett verseift ist, so kommt es jetzt darauf an, die Seife, den Überschuß an Soda und die Reste der Weichteile von den Knochen zu beseitigen. Um das zu erreichen, gieße man die noch heiße Sodalauge ab. In derselben befindet sich nicht nur viel Seife, sondern auch Leim aus den an den Knochen hängen gebliebenen, durch Fäulnis nicht ganz zerstörten Weichteilen. Durch Schwingen, Abtropfen und Waschen in warmem Wasser läßt sich die Seife und der Soda-Überschuß größtenteils aus den Knochen entfernen. Um den Rest davon loszuwerden, koche man die Knochen einige Minuten in reinem Wasser aus und wiederhole das Abschwingen, Abtropfen und Waschen so lange, bis die Knochen rein sind. Selbst nach wiederholtem Waschen bleiben häufig Spuren von Seife in den Knochen eingeschlossen, was jedoch ohne Bedeutung ist.

Was die Reste der Sehnen und Bänder anbelangt, so hängt deren Anzahl und Festigkeit davon ab, wie lange die Knochen maceriert wurden. Am fünften Tage der Maceration hängen dieselben an den Knochen noch fest, am sechsten weniger und am siebenten pflegen sie so weit zu zerfallen, daß sie sich während des Kochens mit Sodalauge fast ganz zu Leim auflösen. Die wenigen Reste davon lassen sich mit einem Handtuch wegwischen, allenfalls mit der Pincette leicht be-

seitigen; wenn nicht, so muß man die Knochen in einer Temperatur von 30—40° R in reinem Wasser von neuem so lange macerieren lassen, bis sich das Bindegewebe auflöst, was in einigen Tagen erfolgt. Das Kratzen und Schaben der Knochen mit einem Messer soll man unterlassen, da bei dieser Manipulation die Knochen sehr leicht beschädigt werden. Die gewaschenen Knochen lasse man trocknen.

Das Bleichen der Knochen ist bei diesem Verfahren überflüssig. Nur im Falle, wenn die Knochen durch eine länger andauernde Maceration gelb geworden sind, muß man sie auf die Bleiche legen.

Nach allem hier Gesagten erfordert die Knochenreinigung nach meiner Methode eine bestimmte Präzision, die nicht umgangen werden darf. Die meisten Fehler, welche die Anatomiediener begehen, entstehen dadurch, daß sie entweder den richtigen Zeitpunkt, in welchem die Knochen in die Sodalauge gebracht werden sollen, versäumen, oder daß sie, durch Eigendünkel geleitet, sich einbilden, es sei besser, die Knochen länger zu macerieren, als man ihnen aufgetragen. Nachträglich wundern sie sich, wenn die Maceration schlecht ausgefallen ist, und um den Fehler gut zu machen, wird das nächste Skelett noch länger maceriert. Andere Fehler beruhen auf unvollständiger Verseifung des Fettes oder ungenügender Entfernung der Seife. Alle diese Umstände erfordern eine Kontrolle, welche keinesfalls unterlassen werden darf.

Um das ganze Macerationsverfahren für einen größeren Betrieb, wie ein solcher in jeder anatomischen Anstalt stattfindet, in Anwendung zu bringen, habe ich in der im Jahre 1871 neu erbauten anatomischen Anstalt dem entsprechende Einrichtungen getroffen. Ungeachtet aller Ratschläge und Einwendungen ließ ich die Maceration der Knochen nicht in einem abgesonderten Häuschen, wie es bislang üblich ist, sondern im Hauptgebäude selbst einrichten. Zu besserer Orientierung glaube ich angeben zu müssen, daß das Parterre der neuen anatomischen Anstalt in Krakau der Länge nach durch einen Korridor in eine vordere und hintere Abteilung getrennt ist. Die vordere umfaßt die Wohnungen für zwei Assistenten und für zwei Anatomiediener samt Familien. In der hinteren Abteilung befindet sich die Küche, Leichenkammer, Wagenremise, Holz- und Kohlenlager, sowie ein Macerationszimmer mit Vorzimmer. Die Einrichtung für die Maceration ist hier folgende: In einer Ecke des geräumigen Zimmers befindet sich ein an die Wände des Hauses dicht anschließender Küchenofen; derselbe ist 345 cm lang, 115 cm breit und 75 cm hoch, hat eiserne Platten, unter welchen zwei gesonderte Heizungen

angebracht sind. Der ganze Ofen besteht somit aus zwei Abteilungen verschiedener Größe oder zwei zusammenhängenden Öfen, welche nach Bedarf, entweder gleichzeitig oder in verschiedenen Zeitabschnitten geheizt werden können. Der größere Ofen, welcher über $^{3}/_{4}$ des Ganzen einnimmt, dient zur Maceration, der kleinere ist zum Kochen eingerichtet. Im ersteren wird während der Maceration beständig ein schwaches Feuer unterhalten. In dem kleineren heizt man nur während der Entfettung und Reinigung der Knochen. Der Raum oberhalb des Ofens ist von der schmalen Seite desselben, bis zur Zimmerwölbung hinauf, durch eine dünne Mauer geschlossen, von der langen Seite dagegen ist nur der obere Teil desselben dicht mit Brettern verschalt. Zwischen der Ofenwand und der Verschalung erstreckt sich der ganzen Länge nach eine 100 cm hohe Öffnung, in welcher bewegliche Fenster angebracht sind; infolgedessen kann diese Öffnung nach Bedarf geschlossen oder geöffnet werden. In dem so verschlossenen Raume ließ ich unterhalb der Zimmerwölbung noch eine überall dicht schließende, schiefliegende Ofenkappe oder Decke anbringen, und unterhalb des höchstliegenden Winkels derselben einen etwa 10 □cm großen Ventilationskanal, welcher den geschlossenen Macerationsraum mit einem Schornstein verbindet. An der Einmündung in den Ventilationskanal ist ein Gasbrenner angebracht.

Die Hauptbedingungen eines gut eingerichteten Macerationsraumes beruhen darauf, daß der obere Teil desselben hermetisch schließt und daß die Luft durch den Ventilationskanal gehörigen Zug hat. Bei dieser Einrichtung strömt während der Maceration der Wasserdampf sowie die verschiedenen Gase nach oben und an der schiefliegenden Decke entlang in den Ventilationskanal. Zündet man die in der Öffnung des Kanals angebrachte Gasflamme an, so entsteht dadurch ein mächtiger Zug, welcher alles, was in der Luft schwebt, in den Schornstein treibt.

Diese einfache, kaum einige Hundert Gulden kostende Einrichtung ermöglicht es, die Maceration in der Anstalt selbst zu haben, und wird durch dieselbe die größte Unannehmlichkeit, nämlich der Geruch, welcher mit der Knochenmaceration verbunden ist, beseitigt.

Auf diese Weise kann man in dem Macerationszimmer, sowie im Vorzimmer ungestört arbeiten, und wenn man hier von dem Geruche nicht belästigt wird, so hat man um so weniger Veranlassung, auf dem Korridor oder in sonst welchem Raume der Anstalt davon belästigt zu werden.

Die Unterbringung der Maceration an diesem Orte hat im Anfange ihrer Existenz Veranlassung zu allerlei kommissionellen Untersuchungen gegeben. Jedes Kommissions-Mitglied befürchtete im voraus

die Schrecken der Maceration aus nächster Nähe sehen und riechen zu müssen. Diese Befürchtungen erwiesen sich indes als grundlos, obwohl ich gezeigt habe, daß die Maceration sich in vollem Gange befindet. Als die besten Schiedsrichter darüber dürften wohl, wie ich glaube, die oben erwähnten beständigen Einwohner der Anstalt gelten, welche von dem Macerationszimmer nur durch einen Korridor getrennt wohnen. — Eine Maceration, nach alter Methode eingerichtet, würde unzweifelhaft alle in der Nähe wohnenden in die Flucht jagen.

Das Umlegen der Knochen in Sodalauge soll unbedingt auf dem Macerationsofen ausgeführt werden; wenn das nicht geschieht, so ist der Arbeiter schuld daran, daß er die Luft im Zimmer verpestet.

Andere Arbeiten mit macerierenden Knochen kommen bei meinem Verfahren gar nicht vor.

Auf dem oben beschriebenen Macerationsofen können bequem 10 Skelette zu gleicher Zeit macerieren, und da die Maceration sechs Tage dauert, so kann man, wenn alle Plätze auf dem Ofen ununterbrochen besetzt sind, in einem Jahre weit über 500 Skelette macerieren. Somit kann ein Macerationsofen von den angegebenen Dimensionen für die größte anatomische Anstalt ausreichen.

Das ganze Verfahren der Knochenreinigung nach meiner Methode läßt sich in folgendem kurz zusammenfassen:

Man entferne die Weichteile von den zur Maceration bestimmten Knochen.

Hierauf lege man die Knochen in einen Topf und beschwere dieselben. Sodann gieße man weiches Wasser zu, bedecke den Topf mit einem Deckel und stelle denselben auf den Macerationsofen, auf welchem die Temperatur 30—40 ° R betragen soll.

Nach Verlauf von sechs Tagen übertrage man die Knochen in Sodalauge und lasse sie unter wiederholtem Umrühren einige Minuten langsam kochen. Hierauf gieße man die Sodalauge weg, koche die Knochen nötigenfalls eine Weile in reinem Wasser; reinige und spüle dieselben in warmem Wasser gut aus, lasse sie trocknen und, wenn nötig, bleichen.

An dieser Stelle glaube ich noch dem von Heschl[1]) und von Planer in Graz eingeführten Macerationsverfahren einige Worte widmen zu müssen.

1) Richard Heschl, Das Pathologisch-anatomische Institut zu Graz. Graz 1875.

Als ich im Jahre 1871 in Erfahrung brachte, daß in Graz die Knochenreinigung nach einem neuen System vorgenommen würde, reiste ich dahin, um dieses Verfahren aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Das neue Gebäude für die deskriptive Anatomie und Physiologie war damals noch im Bau begriffen; dagegen fand ich in der noch nach HESCHL's Plan sehr vorteilhaft eingerichteten Pathologischen Anatomie alles, was eine geordnete Anstalt bedarf; somit auch einen besonderen Raum für die Knochenmaceration.

Die Grundlage, nach welcher HESCHL verfuhr, war genau dieselbe wie bei mir, insofern hier, wie dort, die Knochen in einer Temperatur von 30—40 ° R. maceriert wurden. Daß dort mancherlei Knochen in einem gemeinschaftlichen großen Behälter, bei mir jedoch die Skelette einzeln gesondert maceriert werden, ändert nichts an der Sache selbst. Der eigentliche Unterschied beruht darauf, daß dort die macerierten Knochen zuerst gereinigt, getrocknet und entfettet werden, während ich die Entfettung an den noch nassen Knochen vor deren Reinigung vornehmen lasse, wodurch bei mir der lästigste Teil der Arbeit beseitigt ist. Ein anderer Unterschied beruht darauf, daß HESCHL den großen Macerationsbehälter inmitten des Macerationszimmers aufstellen ließ, wodurch die Wasserdämpfe und übelriechenden Gase sich im Zimmer massenhaft ansammeln und die bestens eingerichtete Ventilation außer stande ist, dieselben zu beseitigen.

Die Entfettungsmethode der Knochen, welche HESCHL in seiner Anstalt eingeführt hat, ist dieselbe, welche die Chemiker bei der Entfettung verschiedener organischer Stoffe behufs chemischer Analysen anwenden. HESCHL's Verfahren beruht nämlich darauf, daß man auf den Boden eines hohen metallenen Cylinders 2—3 kg Benzin gießt, oberhalb desselben werden sodann die zur Entfettung bestimmten Knochen auf ein Metallsieb gelegt, und der Cylinder mit einem gut schließenden hohlen Deckel, welcher durch einen Strom von kaltem Wasser gekühlt wird, bedeckt. Zündet man nun eine Lampe unter dem Cylinder an, so verdampft das Benzin, die Dämpfe kondensieren sich an dem Deckel, fallen in Tropfen auf die fetten Knochen herab, nehmen aus ihnen das Fett auf und sammeln sich auf dem Boden des Cylinders an. Das leicht flüchtige Benzin steigt wieder empor, und das nicht flüchtige Fett bleibt auf dem Boden des Cylinders zurück. Durch diesen Kreislauf wird das ganze Fett dem betreffenden Knochen entzogen. Ein solches Verfahren, unter Aufsicht eines Sachverständigen, ist sicherlich für die Entfettung mancher Gegenstände von geringem Umfange mit gutem Erfolg anwendbar. Für große Gegenstände dagegen, wie Skelette, dazu in Händen nicht hinreichend erfahrener,

ungebildeter Menschen, dürfte es sich als weniger geeignet erweisen. Ich wenigstens möchte es nicht wagen, einen solchen Apparat, in welchem sich 2—3 kg Benzin mit einer darunter brennenden Lampe befinden, einem Anatomiediener anzuvertrauen, um so weniger, als ich durch den Verseifungsprozeß denselben Erfolg leicht und ohne Gefahr erreichen kann.

Bemerkung zu dem obigen Aufsatze.

In meinen Beiträgen zur Anatomie der Wirbelsäule (Jena 1874; S. 6) habe ich, wie ich Zander gegenüber (vgl. diesen Anzeiger, Jahrg. I, Nr. 1) hervorheben möchte, bereits vor der Anwendung konzentrirterer Laugen, d. h. vor solchen, die mehr als $^1/_2$—1 $^0/_0$ Kali enthalten, mit den Worten gewarnt: „sie zerstören zwar schnell und sicher die Weichteile und geben daher oft schon in wenigen Minuten die schönsten Bilder, aber sie greifen auch den Knochen, wenigstens dessen organische Bestandteile, so stark an, daß die Schnitte nachher bei der leisesten Berührung, wie Mumien, zerfallen“. — Auch ich habe mich damals, wie Teichmann, des Kochens in Sodalösung und zwar in 10 $^0/_0$iger mit großem Nutzen befleißigt, wie a. a. O. mitgeteilt ist.

K. Bardeleben.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.